

PCT

世界知的所有権機関

国際事務局



特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 6 B22D 11/10, 11/18	A1	(11) 国際公開番号 WO 95/26243 (43) 国際公開日 1995年10月5日(05.10.95)
(21) 国際出願番号 PCT/JP94/00513 (22) 国際出願日 1994年3月29日(29. 03. 94) (71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION)(JP/JP) 〒100-71 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 原田 寛(HARADA, Hiroshi)(JP/JP) 竹内栄一(TAKEUCHI, Eiichi)(JP/JP) 藤 健彦(TOH, Takehiko)(JP/JP) 〒299-12 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内 Ohiba, (JP) 石井孝宜(ISHII, Takao)(JP/JP) 〒476 愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内 Aichi, (JP) (74) 代理人 弁理士 石田 敬, 外(ISHIDA, Takashi et al.) 〒105 東京都港区虎ノ門一丁目8番10号 静光虎ノ門ビル 青和特許法律事務所 Tokyo, (JP) (81) 指定国 CA, JP, US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).		添付公開書類 国際調査報告書
(54) Title : METHOD OF CONTROLLING FLOW IN CASTING MOLD BY USING DC MAGNETIC FIELD (54) 発明の名称 直流磁場による鋳型内流動の制御方法 (57) Abstract <p>This invention relates to a method of controlling a flow in a casting mold in a DC magnetic field, in which the casting of steel is done continuously as a flow of molten steel discharged from a nozzle is controlled by applying a DC magnetic field having substantially uniform magnetic flux density distribution in the entire widthwise direction of a casting mold to the casting mold in the direction of the thickness thereof, characterized in that the meniscus velocity of flow on the surface of the molten steel in the casting mold is controlled within a range of 0.20 - 0.40 m/sec by regulating an ejection angle of the nozzle, position of the magnetic field and a magnetic flux density. When the meniscus velocity of flow is increased greatly, a control operation is carried out in accordance with the following equation (1): $V_f/V_0 = 1 + \alpha_1(1 - \exp(-\beta_1 H^2))$ by dashing an ejection flow from the nozzle directly against a shorter wall of the casting mold, and, when the meniscus velocity of flow is increased or reduced, a control operation is carried out in accordance with the following equation (2): $V_f/V_0 = 1 + \alpha_2(\sin(\beta_2 H) \exp(-\gamma H))$ by dashing an ejection flow from the nozzle against a shorter wall of the casting mold after passing it through a magnetic field zone. In equations (1) and (2) $H = 185.8 B^2 D \cdot T / (D + T) V$.</p> <div data-bbox="876 1218 1380 1680"> <p>1 ... Defect factor of cast piece surface layer 2 ... optimum range 3 ... Meniscus velocity of flow (m/sec)</p> </div>		

BEST AVAILABLE COPY

(57) 要約

本発明は、鋳型の幅方向全体にわたってほぼ均一な磁束密度分布を有する直流磁場を鋳型の厚み方向に加えてノズルから吐出される溶鋼の流れを制御しつつ連続鋳造する方法において、鋳型内の溶湯表面におけるメニスカス流速を前記ノズルの吐出角度、磁場位置及び磁束密度を調整することにより0.20~0.40m/秒の範囲内に制御することを特徴とする直流磁場における鋳型内流動の制御方法であって、メニスカス流速を大幅に加速する場合はノズル吐出流を直接鋳型の短辺壁に衝突せしめて下記(1)式により制御し、又、メニスカス流速を加速又は減速する場合はノズル吐出流を磁場帯を横切った後で鋳型短辺壁に衝突せしめて下記(2)式により制御する。

$$V_p/V_o = 1 + \alpha_1 \{1 - \exp(-\beta_1 \cdot H^2)\} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_p/V_o = 1 + \alpha_2 \{\sin(\beta_2 \cdot H) \exp(-\gamma \cdot H)\} \dots\dots\dots (2)$$

但し、

$$H = 185.8 \cdot B^2 \cdot D \cdot T / (D + T) V$$

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AM	アルメニア	EE	エストニア	LK	スリランカ	RU	ロシア連邦
AT	オーストリア	ES	スペイン	LR	リベリア	SD	スーダン
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
BB	ババルバドス	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
BE	ベルギー	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロベニア
BG	ブルガリア	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロバキア共和国
BJ	ベナン	GG	ギニア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BR	ブラジル	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	ML	マリ	TD	チャド
CA	カナダ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CF	中央アフリカ共和国	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TH	タイ
CG	コンゴ	IT	イタリア	MW	モザンビーク	TJ	タジクスタン
CH	スイス	JP	日本	MX	メキシコ	TM	トルクメニスタン
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NE	ニジェール	TT	トリニダード・トバゴ
CM	カムeroon	KG	キルギスタン	NL	オランダ	UA	ウクライナ
CN	中国	KR	朝鮮民主主義人民共和国	NO	ノルウェー	UG	ウガンダ
CZ	チェコ共和国	KZ	カザフスタン	NZ	ニュージーランド	US	米国
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
DK	デンマーク			PT	ポルトガル	VN	ベトナム

明 細 書

直流磁場による鋳型内流動の制御方法

技術分野

本発明は連続鋳造方法において直流磁場を鋳型の幅方向全体にわたって鋳型厚み方向に加えることで溶鋼流れを均一化する技術に関し、特に鋳型内のメニスカス流速を一定範囲に制御する技術に関する。

背景技術

連造鋳造鋳型内流動は鋳片品質や操業性に大きく影響することが知られている。すなわち、ノズルから吐出された溶鋼の流れは溶鋼中に内在するスラグ系介在物をストランドプール下方の奥深くまで持ち込むため、介在物の持ち込まれた深さが深いほど凝固シェルに捕捉されやすくなり、鋳片欠陥を引き起こす。そのため、下降流の侵入深さは出来るだけ浅いほうが望ましい。一方、溶湯表面においては、高速鋳造の場合のようにメニスカス流速が速い場合には溶湯表面にあるパウダーが溶湯内に巻き込まれたり、あるいは湯面レベル変動が大きくなる。また、低速鋳造の場合のようにメニスカス流速が遅い場合には、溶湯表面でデッケルが形成され操業に支障をきたしたり、介在物や気泡が凝固シェルに捕捉され鋳片極表層の品質劣化を引き起こす。そのため、メニスカス流速は一定レベルの流速に制御する必要がある。

このような流動パターンをノズル形状や浸漬深さを調整することによって得ることは困難なため、従来から直流磁場を用いて鋳型内流動を制御する方法が幾つか開示されている。

特公平 2-20349 号は、直流磁場を用いて鋳型内流動を制御する方法を開示している。この方法は浸漬ノズルから吐出される溶湯の主たる流路の一部に直流磁場を作用させることで、溶湯の主流を減速させストランドプール奥深くに侵入する下降流を抑制するとともに、主流を小さい流れに分割してプール内部での溶湯の攪拌を行なうというものである。しかしながらこの方法では鋳型の幅方向の一部に直流磁場を作用させるため、ノズル吐出流がブレーキ帯（磁場帯）を迂回する場合が生じる。すなわち、ブレーキの弱い箇所からプール下部へと向かう流れが生じ、介在物をプール奥深くに持ち込むだけでなく、この現象が安定しないため、鋳型内流れも不安定となり、プール上部での攪拌が安定しないという問題点があった。そのため、鋳片品質を向上させる技術とはなり得なかったのである。

特開平 2-284750 号は、鋳型の幅方向全域に直流磁場を加える方法であり、この技術によってブレーキ帯よりも下方の流れはプラグフロー化できるものの、制動を加えたい場所に直流磁場を加えるものであって、メニスカス流速の調整も鋳型全体に直流磁場を加えるか、または 2 段の直流磁場を加えてその流速を抑制していた。また、ノズル吐出孔よりも下側に直流磁場を加える方法もこの発明の中で開示されているが、後述するように、メニスカス流速はノズル吐出角度、磁場位置及び磁束密度に大きく影響されるので依然として不安定な技術であった。

このように従来技術ではブレーキ帯より下方のプラグフロー化のための技術を開示しているがメニスカス流速の制御についてその流速に応じた調整技術は何ら開示されていなかった。

発明の開示

本発明は溶鋼の下降流の侵入深さを浅くするとともに、特に溶湯

表面におけるメニスカス流速を鑄造速度に応じて制御することによって、上記の公知技術では得られなかった表面品質の非常に優れた鑄片を提供するものである。

すなわち、本発明は鑄型の幅方向全体にわたってほぼ均一な磁束密度分布を有する直流磁場を鑄型の厚み方向に加え、これによって溶鋼の流れを制御しつつ連続鑄造する方法において、前記鑄型内の溶湯表面におけるメニスカス流速を磁場を加えつつ0.20～0.40 m/秒の範囲内に制御することを特徴とするものであり、前記メニスカス流速を大幅に加速する場合には、溶湯ノズル吐出流が磁場帯を横切らずに直接鑄型の短辺壁に衝突するようにノズル吐出角度と磁場位置を定め、次いで下記式(1)に基づいて磁束密度Bを調整することによりメニスカス流速を上記範囲内に制御する。

$$V_F / V_0 = 1 + \alpha_1 \{ 1 - \exp(-\beta_1 \cdot H^2) \} \quad \dots \dots (1)$$

こゝで、 $H = 185.8 \cdot B^2 \cdot D \cdot T / (D + T) \cdot V$

たゞし、 V_F … 磁場を加えたときのメニスカス流速 (m/秒)

V_0 … 磁場を加えないときのメニスカス流速 (m/秒)

B … 直流磁場の高さ方向中心での磁束密度 (T)

D … 鑄型幅 (m)

T … 鑄型厚 (m)

V … ノズル吐出孔からの平均流速 (m/秒)

α_1, β_1 … 定数

なお、こゝで V_0 は測定値であり、 D, T, V はあらかじめ定めた値である。したがって磁束密度Bを調整することによりメニスカス流速 V_F を制御することができる。

また、前記メニスカス流速を加速又は減速する場合には、溶湯ノズル吐出流が磁場帯を横切った後で鑄型の短辺壁に衝突するようにノズル吐出角度と磁場位置を定め、次いで下記式(2)に基づいて

磁束密度を調整することによりメニスカス流速を上記範囲内に制御するのである。

$$V_p / V_0 = 1 + \alpha_2 \{ \sin(\beta_2 \cdot H) \exp(-\gamma \cdot H) \} \dots\dots (2)$$

ここで、 $H = 185.8 \cdot B^2 \cdot D \cdot T / (D + T) \cdot V$

ただし、 α_2 、 β_2 、 γ …定数

本発明は上記のような方法によってメニスカス流速を制御するので、鑄造速度に応じて適格に鑄型内の溶鋼流動を制御することが可能となり、したがって介在物や気泡などによる鑄片表層の品質劣化を確実に防止することができる。

図面の簡単な説明

第1図はメニスカス流速と鑄片表層欠陥指数との関係を示した図であり、本発明の最適なメニスカス流速の範囲を示している。

第2図は直流磁場を発生させる磁場コイルの概略を示した平面図である。

第3図はパラメータH数と鑄造速度との関係を示す図であり、プラグフロー化に必要なパラメータH数を示している。

第4図はノズル吐出流を直接鑄型短辺壁に衝突した場合のパラメータH数とメニスカス流速比との関係を示す図である。

第5図はノズル吐出流が磁場帯を横切った後に鑄型短辺壁に衝突した場合のパラメータH数とメニスカス流速比との関係を示す図である。

第6図(A)はノズル吐出流が直接鑄型短辺壁に衝突する状態を示す概略図である。

第6図(B)はノズル吐出流が磁場帯を横切った後に鑄型短辺壁に衝突する状態を示す概略図である。

第7図(A)～第7図(D)はノズル吐出流と磁場帯との関係を

模式的に示した図である。

第8図は実施例1～3と比較例1～3で得られた鑄片表層欠陥指数を示す図である。

第9図は実施例1～3と比較例1～3で得られた鑄片内部欠陥指数を示す図である。

第10図は実施例4～6と比較例4～6で得られた鑄片表層欠陥指数を示す図である。

第11図は実施例4～6と比較例4～6で得られた鑄片内部欠陥指数を示す図である。

第12図は実施例7～9と比較例7～9で得られた鑄片表層欠陥指数を示す図である。

第13図は実施例7～9と比較例7～9で得られた鑄片内部欠陥指数を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を実施するための最良の形態について説明する。

連続鑄造方法は、その鑄造速度により、低速鑄造、中高速鑄造および高速鑄造の3方式に大別できる。

低速鑄造工程ではほぼ0.8m/分未満の鑄造速度で垂直鑄造機を用いて厚手材の鑄造が行われている。

また、中速鑄造工程ではほぼ0.8～1.8m/分未満の鑄造速度で曲げ型連続鑄造機又は垂直曲げ型連続鑄造機などを用いて行われており、高速鑄造工程ではほぼ1.8～3m/分未満の鑄造速度で垂直曲げ型連続鑄造機などを用いて薄手材の鑄造が行われている。

このように、鑄造速度は各鑄造工程によってかなりの差を有しているので、溶湯表面におけるメニスカス速度も鑄造条件（鑄造速度、鑄片サイズなど）に応じて変動する。

前述のようにメニスカス流速が速い場合には湯面レベル変動が大きくなって溶湯表面にあるパウダーが溶湯内に巻込まれ、またメニスカス流速が遅い場合には介在物や気泡が凝固シェルに捕捉されて、いずれも表面品質を劣化させる。

したがって、メニスカス流速を抑制するだけでは優れた表面品質の鑄片を得ることができない。

本発明者らはかかる認識のもとに、最適なメニスカス流速の範囲を究明した。すなわち、実際の連鑄機を用い、様々な鑄造条件により鑄造を行い、メニスカス流速と鑄片欠陥との関係を調査した。その結果、メニスカス流速が $0.20 \sim 0.40 \text{ m/秒}$ の範囲にあると鑄片欠陥が著るしく少くなることが判明した。この結果を第1図に示す。同図で示すとおり、メニスカス流速が $0.20 \sim 0.40 \text{ m/秒}$ の範囲では鑄片の表面欠陥指数が1.0以下となり、この範囲で鑄片の表面品質が向上していることを明らかにしている。

以下、上記範囲のメニスカス流速を得るための手段について説明する。

本発明者らは実機の約 $\frac{1}{2}$ のスケールに相当する設備に水銀を用いてモデル実験を行い、ノズル吐出角度、磁場位置及び磁束密度の影響を明らかにした。

先ず直流磁場を例えば第2図に示すように、コの字型の鉄芯2の相対する脚3、3に一对のコイル4、4を設け、該コイル4、4に直流電流を流すことによって形成した。この際、磁極の幅を鑄型の幅以上にすることにより幅方向に均一な磁束密度を有する直流磁場を得ることができた。

次に、かかる直流磁場を使用し、溶鋼に加えられる前記磁場帯より下方の溶鋼流れのプラグフロー化を行うための条件を明らかにした。

基本的には磁束密度が高いほどプラグフロー化が可能となるが、本発明者らは注湯量に応じて最低必要量となる磁束密度を次のパラメータ H によって定義した。

$$H = 185.8 \cdot B^2 \cdot D \cdot T / (D + T) \cdot V$$

こゝで B … 磁場の高さ方向中心での磁束密度

D … 鑄型幅

T … 鑄型厚

V … ノズル吐出孔からの平均流速

このパラメータ H は直流磁場によって熔融金属に作用する電磁気力とノズル吐出流が持つ慣性力との比を示したものであり、B が大きくなるほど、また、V が小さくなるほど大きくなる。プラグフロー化する条件を得るためにパラメータ H と磁場帯下方の鑄型短辺壁近傍の下降流速との関係を調べたところ、ノズル吐出角度と磁場位置により、若干制動効率が異なるものの、第 3 図に示すように H を

2.6 以上とすることによって磁場帯下方での流れをプラグフロー化できることがわかった。

なお、第 3 図における縦軸は連続鑄造技術における鑄造速度を表わし、W は磁場帯下方の短辺壁近傍の下降流速であり、V₀ はノズル吐出量をプール水平断面積で割った値である。

次に、本発明者らはメニスカス流速の実体を知るために、直流磁場を与えた状態でノズル吐出角度、磁場位置及び溶鋼の流速などを変化させてメニスカス流速とパラメータ H との関係を調査した。その結果、磁場を加えたときのメニスカス流速 V_F と磁場を加えないときのメニスカス流速 V₀ の比 V_F / V₀ とパラメータ H との間に明白な関係があり、しかもその関係に 2 つの傾向があることが判明した。

すなわち、その 1 つは第 4 図で示すように、パラメータ H が上昇

するとメニスカス流速が加速のみされる場合であり、他の1つは第5図に示すように、パラメータHが上昇するとメニスカス流速が一旦加速された後減速に転じる場合である。

そしてこのような2つの傾向が見られるのはノズル吐出流が鋳型短辺壁に衝突する際に磁場帯の磁束密度の最も高い領域を直接横切るか否かによることがわかった。

第6図(A)に示すように、鋳型1内におけるノズル5からのノズル吐出流7が磁場帯6を横切る前に鋳型短辺壁1Aに衝突する場合には、メニスカス流8のメニスカス流速比 V_p / V_o は第4図のような傾向を示す。

また、第6図(B)に示すように、ノズル吐出流7が磁場帯6を横切った後に鋳型短辺壁1Aに衝突する場合には、メニスカス流速比は第5図のような傾向を示す。

以上の結果より、第6図(A)の場合において、パラメータHが0.3以上の場合にメニスカス流速 V_p はメニスカス流速 V_o にくらべて明らかに大きくなっており、一方、第6図(B)の場合では、パラメータHが5.3未満の場合にメニスカス流速 V_p はメニスカス流速 V_o より大きい、パラメータHが5.3以上になるとメニスカス流速 V_p はメニスカス流速 V_o より減速されるということが判明した。

すなわち、メニスカス流速を制御するにはノズル吐出し位置、ノズル吐出し角度、磁場帯の位置等の調整が重要であることがわかる。

さて、メニスカス流速を先の最適範囲内に制御するためには、磁場を加えない場合のメニスカス流速 V_o に対してノズル条件、磁場条件をどのように設定するかを明らかにする必要がある。このためには、先のパラメータHとメニスカス流速 V_o と磁場を加えた場合のメニスカス流速 V_p との比 V_p / V_o との関係を明らかにすれば

よい。その際、前述したようにノズル吐出流が直接磁場帯を横切るか否かによってメニスカス流速の制御性が大きく異なるため、2つに分けて考える必要がある。

まず、ノズル吐出流が直接磁場帯を横切る前に鑄型短辺壁に衝突する場合には第4図からわかるようにパラメータHの増大とともにメニスカス流速は増大するため、 V_F / V_0 はHの増加関数となる。その関数には、たとえば次のような式(1)を用いると実験結果によく適合する。

$$V_F / V_0 = 1 + \alpha_1 \{ 1 - \exp(-\beta_1 \cdot H^2) \} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、本実験の場合に、常数值として $\alpha_1 = 2.6$ 、 $\beta_1 = 0.3$ を用いた。

一方、ノズル吐出流が直接磁場帯を横切る場合には、第5図からわかるようにパラメータHの増大とともに一旦メニスカス流速は増大し、その後減少するため、 V_F / V_0 はHの増大とともに一旦増加した後減少する関数を用いればよく、その関数にはたとえば次のような式(2)を用いると実験結果によく適合する。

$$V_F / V_0 = 1 + \alpha_2 \{ \sin(\beta_2 \cdot H) \exp(-\gamma \cdot H) \} \quad \dots \dots (2)$$

ここで、本実験の場合に、常数值として $\alpha_2 = 6.5$ 、 $\beta_2 = 0.63$ 、 $\gamma = 0.35$ を用いた。

上記2式にはそれぞれパラメータHの式を代入してメニスカス流速 V_F を求め、磁束密度Bの調整によってメニスカス流速 V_F を第1図に示す範囲に制御するのである。

次に、メニスカス流速の制御方法を具体的に述べる。

まず、磁場を加えない場合のメニスカス流速 V_0 を測定する。その測定方法として、例えば金属棒を溶鋼中に浸漬して金属棒にかかる荷重を歪ゲージにより測定し、荷重を流速に換算して所望の流速を求める。

次に磁場を加えた場合のメニスカス流速 V_p を $0.20 \sim 0.40 \text{ m/秒}$ の範囲内にするためのメニスカス流速比 V_p / V_0 を求める。これはメニスカス流速の目標範囲 ($0.20 \sim 0.40 \text{ m/秒}$) を磁場に加えない場合のメニスカス流速で割った値を先に計算すればよい。そして、その比率が 1 を超える場合にはメニスカス流速を加速する条件なので式 (1) を用いるか式 (2) のパラメータ H が 5.3 未満の中で、あらかじめ求めた V_p / V_0 の値になるパラメータ H 、すなわち磁束密度 B を決定すればよい。ここで、式 (1) を用いるか式 (2) を用いるかは V_0 の値の大小によって選択する必要がある。即ち、メニスカス流速が小さい場合には加速度合いが大きいので式 (1) を用い、一方、加速度合いが小さい場合には式 (2) の一旦加速された後、減速に転じる範囲を用いればよい。一方、 V_p / V_0 が 1 未満の場合には式 (2) のパラメータ H が 5.3 以上の条件の中で、あらかじめ求めた V_p / V_0 の値になるパラメータ H 、すなわち磁束密度 B を決定すればよい。

以上から、鑄型の幅方向にほぼ均一な磁束密度分布を有する直流磁場を厚み方向に加えることで、磁場帯下方の流れをプラグフロー化しつつメニスカス流速を最適範囲に制御することが可能となった。

なお、このメニスカス流速が一旦加速された後、減速される現象については次のように説明できる。鑄型内におけるメニスカス流 8 の流速、ノズル吐出流 7 の侵入深さは、ノズル吐出孔から噴出した吐出流 7 が徐々に広がりながら短辺壁 1 A に衝突し、その後上方あるいは下方へ分配さるところの分配の状態によって決まる (第 7 図 (A) 参照)。本発明の方法において、幅方向にほぼ均一な直流磁場 6 をノズル吐出孔近傍に加えるとき、最初に電磁ブレーキによりノズル吐出流の下方への侵入が抑制される。そのため、磁場帯 6 よりも上方に向かう流れが大きくなり、メニスカスでの流れが加速さ

れる（第7図（B）参照）。次に磁束密度を上げていくと、磁場帯6内での流れが平均化され、磁場帯6よりも下方の流れがプラグフロー化される（第7図（C）参照）。さらに、磁束密度をあげていくと、湯面位置近傍まで磁束密度の高い領域が及ぶことになり、磁場帯よりも下方の流れがプラグフロー化されるのと同様に、短辺壁に沿って上昇する流れが制動を受けるため、ある磁束密度以上でメニスカスでの流れを磁場を加えない場合よりも小さくすることができるのである（第7図（D）参照）。

実施例

低炭素アルミキルド鋼（AISI：A569-72）の溶鋼を内側幅方向寸法（D）：1～2m、同厚さ方向寸法（T）：0.2～0.25mの鑄型に注入し、ノズル吐出孔からの平均流速（V）を鑄造速度に応じて0.2～1.3m/秒の範囲にして第1表に示す条件で鑄造した。

また、直流磁場が鑄型の幅方向に均一に加えられるように電磁コイルを鑄型外周にかつ鑄造速度を考慮して設置した。各鑄造速度における各条件は次のようであった。

（1）低速鑄造法

共通の条件として、磁場を加えない場合のメニスカス流速V。は7cm/秒であり、パラメータH数が2.6以上になる磁束密度Bの値は0.15T（テスラ）であった。

この実施例ではメニスカス流速が小さく、加速度合いを大きくとる必要があるので、磁束密度の増加とともにメニスカス流速が増速される条件である、ノズル吐出流が直接高磁場帯を横切らないようにノズル吐出角度、磁場位置を調整した。そして、式（1）を使用し、メニスカス流速を0.20～0.23m/秒の範囲内にするためのHを求めた。

すなわち、鑄造速度 0.3m / 分の場合鑄型に付加すべき磁束密度、すなわち、メニスカス流速 V_p を 0.22m / 秒まで加速するための磁束密度 B は、式 (1) より、

$$V_p / V_o = 0.22 / 0.7 = 1 + 2.2 \{ 1 - \exp(-0.4 \times H^2) \}$$

したがって、

$$H = 4.3 = 185.8 \times B^2 \times 1.5 \times 0.25 / (1.5 + 0.25) \times 0.27$$

これより

$$B = 0.17 \text{ T}$$

であった。

こゝで $\alpha_1 : 2.2$, $\beta_1 : 0.4$ とし、他の条件は第 1 表に従った。

同様に鑄造速度 0.4m / 分の場合、磁束密度を 0.16T とし、パラメータ H 数を 3.2 とした。

また、鑄造速度 0.5m / 分の場合は磁束密度を 0.16T とし、パラメータ H 数を 2.6 とした。

以上の鑄造条件で得られた鑄片の表層及び内部の欠陥を調査し、その結果を第 1 表及び第 8 図、第 9 図に示した。

一方、比較例として、同じ鑄造条件において、磁場を全く加えない場合 (1)、(2) と、鑄型幅方向に不均一に磁場を加えた場合 (この場合では鑄型の幅方向の一部に、コイル高さ及び厚さともに 370mm の鉄芯で直流磁場方向を左右逆にし、磁束密度を 0.3T とする条件で厚み方向に直流磁場を加えた。) (3) の鑄片表層及び内部の欠陥の状態を第 1 表及び第 8 図、第 9 図にそれぞれ示した。

上記表及び図面から明らかなように、本実施例によればメニスカス流速の加速に基づき凝固シェル前面でのウォッシングによって鑄片表層の介在物捕捉を抑制することができたので、比較例にくらべ、内部欠陥指数とともに表層の介在物欠陥指数を大幅に下げることができた。

(2) 中速鑄造法

共通の条件として、メニスカス流速 V_0 は 0.12 m/秒 であり、パラメータ H 数が 2.6 以上になる磁束密度 B の値は 0.18 T であった。

この実施例では低速鑄造に比べるとメニスカス流速は速いもののまだ加速する必要があるので、磁束密度が増加する際、一旦メニスカス流速が加速した後、減速に転じる条件である。ノズル吐出流が直接磁場帯を横切るようにノズル吐出角度、磁場位置を調整した。そしてメニスカス流速が最大値をとる H から磁場を加えない場合のメニスカス流速と同じになる H 、すなわち 5.3 までの間の式 (2) を使用し、メニスカス流速 V_F を 0.31 m/秒 にするための H (B) を求めた。

すなわち、鑄造速度 0.8 m/分 の場合、鑄型に付加すべき磁束密度 B は式 (2) より、

$$V_F / V_0 = 0.31 / 0.12 = 1 + 5.5 \{ \sin(0.6 \times H) \exp(-0.3 \times H) \}$$

したがって、

$$H = 3.5 = 185.8 \times B^2 \times 1.5 \times 0.25 / (1.5 + 0.25) \times 0.52$$

これより、

$$B = 0.21\text{ T}$$

であった。

こゝで $\alpha_2 : 5.5$, $\beta_2 : 0.6$, $\tau : 0.3$ とし、他の条件は第 1 表に従った。

同様に、鑄造速度 1.0 m/分 、 1.2 m/分 の場合は、磁束密度をそれぞれ 0.28 T 、 0.34 T とし、パラメータ H 数をそれぞれ 4.1 、 4.7 とした。

以上の鑄造条件で得られた鑄片の表層及び内部の欠陥を調査し、第 1 表及び第 10 図、第 11 図に示した。

一方、比較例として、同じ鑄造条件において、磁場を全く加えな

い場合（４）と鑄型幅方向に不均一に磁場を加えた場合（５）、（６）の鑄片表層及び内部の欠陥の状態を第１表及び第10図、第11図に示した。

上記表及び図面から明らかなように、本実施例によれば、比較例にくらべ低速鑄造法の場合と同様鑄片の表層及び内部の欠陥を大幅に改善することができた。

（３）高速鑄造法

共通の条件として、メニスカス流速 V_0 は 0.50 m/秒 であり、パラメータ H 数が 2.6 以上になる磁束密度 B の値は 0.29 T であった。

この実施例ではメニスカス流速が大きいので、これを減速する必要がある。したがってノズル吐出流が直接磁場帯を横切るようにノズル吐出角度、磁場位置を調整し、式（２）を用いてメニスカス流速 V_F を 0.37 m/秒 にするための $H(B)$ を求めた。

すなわち、鑄造速度 2.0 m/分 の場合、鑄型に付加すべき磁束密度 B は式（２）より、

$$V_F / V_0 = 0.37 / 0.50 = 1 + 5.5 \{ \sin(0.6 \times H) \exp(-0.3 \times H) \}$$

したがって、

$$H = 5.6 = 185.8 \times B^2 \times 1.1 \times 0.25 / (1.1 + 0.25) \times 1.19$$

これより

$$B = 0.42 \text{ T}$$

であった。

ここで、 $\alpha_z : 5.5$, $\beta_z : 0.6$, $r : 0.3$ とし、他の条件は第１表に従った。

同様に鑄造速度 2.3 m/分 、 1.8 m/分 の場合は磁束密度をそれぞれ 0.44 T 、 0.43 T とし、パラメータ H 数をそれぞれ 5.8 、 6.0 とした。

以上の鑄造条件で得られた鑄片の表層及び内部の欠陥を調査し、

これを第1表及び第12図、第13図に示した。

一方比較例として、同じ鑄造条件において、磁場を全く加えない場合(9)と鑄型幅方向に不均一に磁場を加えた場合(7),(8)の鑄片表層及び内部の欠陥の状態を第1表及び第12図、第13図に示した。

上記表及び図面から明らかなように、本実施例によれば、比較例にくらべ、パウダー巻込みによって生じる鑄片表層の介在物欠陥を大幅に低減することができ、また、湯面レベルの変動も小さくなるため、表面性状も同様に向上した。また、同時に磁場帯下方での溶銅流れをプラグフロー化することができたので鑄片の内部欠陥も大幅に改善された。

第 1 表

铸造方法	铸造速度 (m/分)	铸片幅 (m)	铸片厚 (m)	实 施 例							比 較 例		
				磁場帯 位置	バラメ ータ H数	ノズル 吐出流 流速V _F (m/秒)	メニスカス流 速V _F (m/秒)	铸片表 層欠陥 指数	铸片内 部欠陥 指数	铸片表 層欠陥 指数	铸片内 部欠陥 指数	備 考	
低 速 铸 造	1	0.3	1.5	0.25	N	4.3	0.27	0.22	1.1	0.2	5.2	2.6	磁場加えず
	2	0.4	1.4	0.2	N	3.2	0.27	0.22	0.9	0.3	6.5	2.7	磁場加えず
	3	0.5	1.2	0.25	N	2.6	0.36	0.21	0.8	0.8	5.0	2.9	不均一磁場付与
中高速 铸 造	4	0.8	1.5	0.25	Y	3.5	0.52	0.32	0.5	0.4	5.4	3.2	磁場加えず
	5	1.0	1.8	0.25	Y	4.1	0.78	0.24	0.8	0.3	5.7	3.4	不均一磁場付与
	6	1.2	2.0	0.2	Y	4.7	0.83	0.25	0.9	0.6	5.8	3.9	不均一磁場付与
高 速 铸 造	7	2.0	1.1	0.25	Y	5.6	1.19	0.37	0.5	1.0	5.4	5.8	不均一磁場付与
	8	2.3	1.0	0.25	Y	5.6	1.25	0.33	0.8	1.2	5.7	6.9	不均一磁場付与
	9	1.8	1.2	0.25	Y	6.0	1.17	0.29	0.9	0.9	5.8	5.3	磁場加えず

(注) 表中の磁場帯位置で、

「N」はノズル吐出流が磁束密度の高い領域を直接横切らない場合、

「Y」はノズル吐出流が磁束密度の高い領域を直接横切る場合
をそれぞれ示す。

産業上の利用可能性

以上詳述したごとく、本発明はその必要性に応じて磁場帯下方での流れをプラグフロー化しながら、安定してメニスカス流速を加速したり減速したりすることができるため、一定の範囲内（0.20～0.40 m／秒）にメニスカス流速を制御することが可能となったので、表層及び内部とも欠陥が極めて少く品質の向上した鋳片を鋳造することができる。また、鋳造中に鋳造速度を変化する必要がある場合にも本発明によれば柔軟に鋳造条件の変化に対応することができる。そのうえ、磁場帯下方での流れを確実にプラグフロー化することで、異鋼種連続鋳造を従来の鉄板挿入無しで行うことが可能となるだけでなく、その前後の鋳片品質の劣化を防ぐこともできる。

このように、本発明は連続鋳造技術において極めて有益な発明である。

請 求 の 範 囲

1. 鑄型の幅方向全体にわたってほぼ均一な磁束密度分布を有する直流磁場を鑄型の厚み方向に加えてノズルから吐出される溶鋼の流れを制御しつつ連続鑄造する方法において、鑄型内の溶湯表面におけるメニスカス流速を、前記ノズルの吐出角度、磁場位置及び磁束密度を調整することにより0.20~0.40 m/秒の範囲内に制御することを特徴とする直流磁場における鑄型内流動の制御方法。

2. 鑄型内の溶湯表面におけるメニスカス流速を加速する場合において、溶湯ノズル吐出流が磁場帯を横切らずに直接鑄型の短辺壁に衝突するようにノズル吐出角度と磁場位置を定め、次いで下記式(1)に基づいて磁束密度Bを調整することによりメニスカス流速を20~40 cm/秒の範囲に制御する請求の範囲1記載の方法。

$$V_F / V_0 = 1 + \alpha_1 \{ 1 - \exp(-\beta_1 \cdot H^2) \} \quad \dots \dots (1)$$

こゝで、 $H = 185.8 \cdot B^2 \cdot D \cdot T / (D + T) \cdot V$

たゞし、 V_F … 磁場を加えたときのメニスカス流速 (m/秒)

V_0 … 磁場を加えないときのメニスカス流速 (m/秒)

B … 直流磁場の高さ方向中心での磁束密度 (T)

D … 鑄型幅 (m)

T … 鑄型厚 (m)

V … ノズル吐出孔からの平均流速 (m/秒)

α_1, β_1 … 定数

3. 鑄型内の溶湯表面におけるメニスカス流速を加速又は減速する場合において、溶湯ノズル吐出流が磁場帯を横切った後で鑄型の短辺壁に衝突するようにノズル吐出角度と磁場位置を定め、次いで下記式(2)に基づいて磁束密度を調整することによりメニスカス流速を0.20~0.40 m/秒の範囲に制御する請求の範囲1記載の方法。

$$V_P / V_0 = 1 + \alpha_2 \{ \sin(\beta_2 \cdot H) \exp(-\gamma \cdot H) \} \dots \dots (2)$$

ここで、 $H = 185.8 \cdot B^2 \cdot D \cdot T / (D + T) \cdot V$

ただし、 α_2 , β_2 , γ ... 定数

4. パラメータ H 数を 2.6 以上に制御する請求の範囲 2 又は 3 記載の方法。

5. ノズル吐出位置、磁場位置及び磁束密度の調整によってメニスカス流速を 0.20~0.40 m / 秒の範囲内に制御する請求の範囲 1, 2 又は 3 記載の方法。

Fig.1

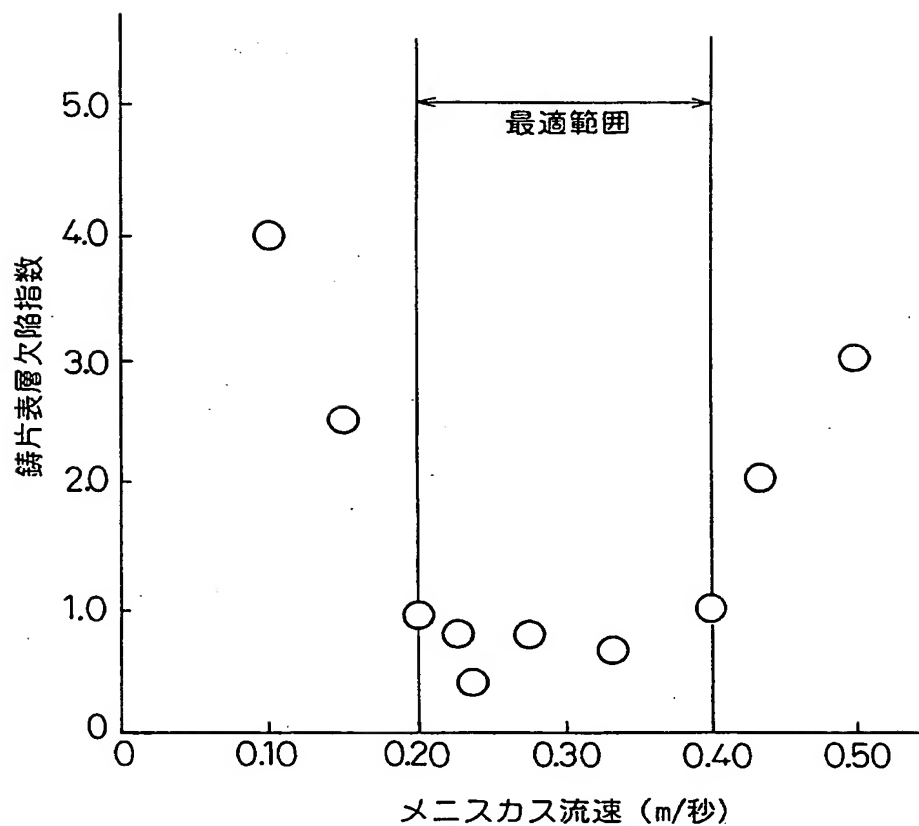


Fig. 2

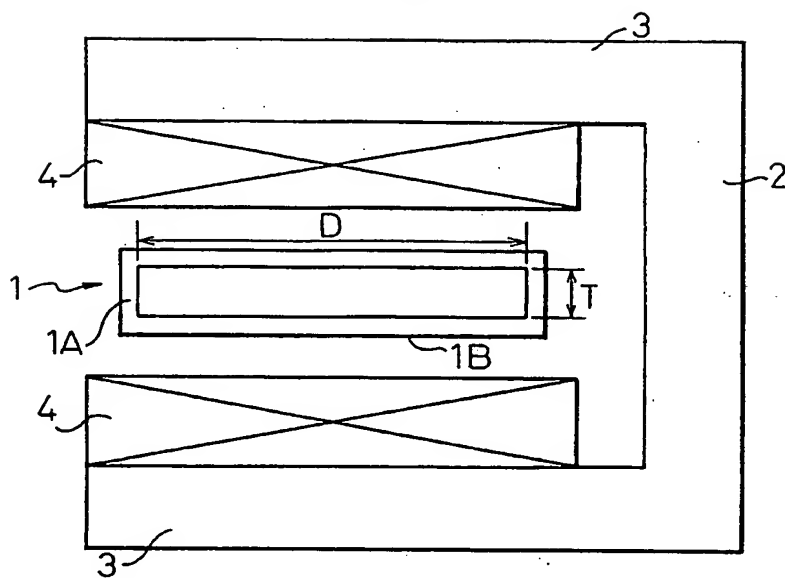


Fig. 3

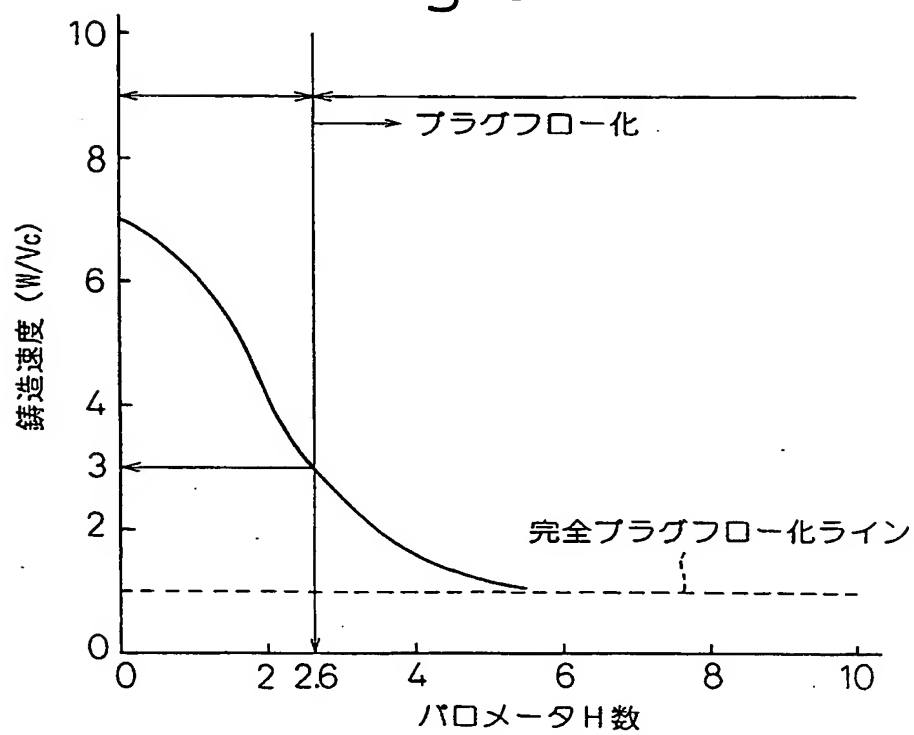


Fig.4

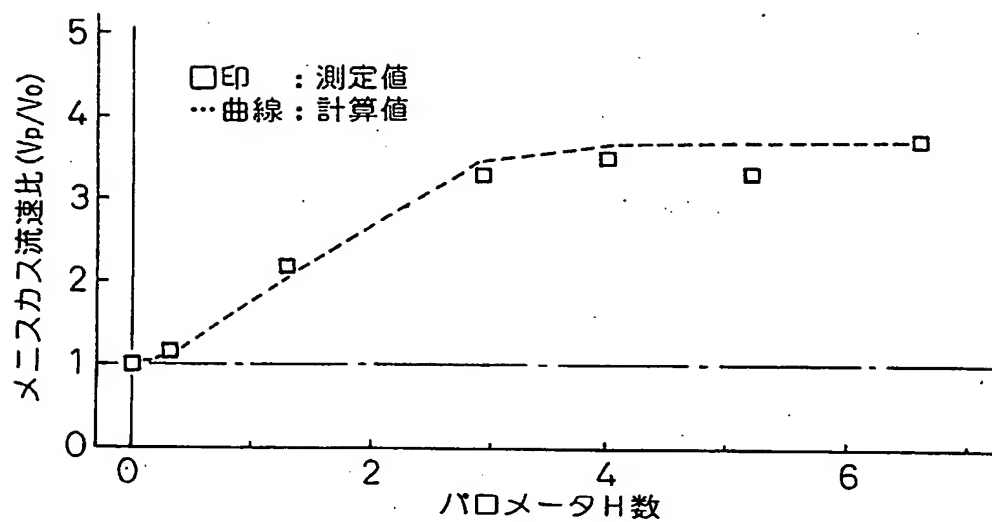


Fig.5

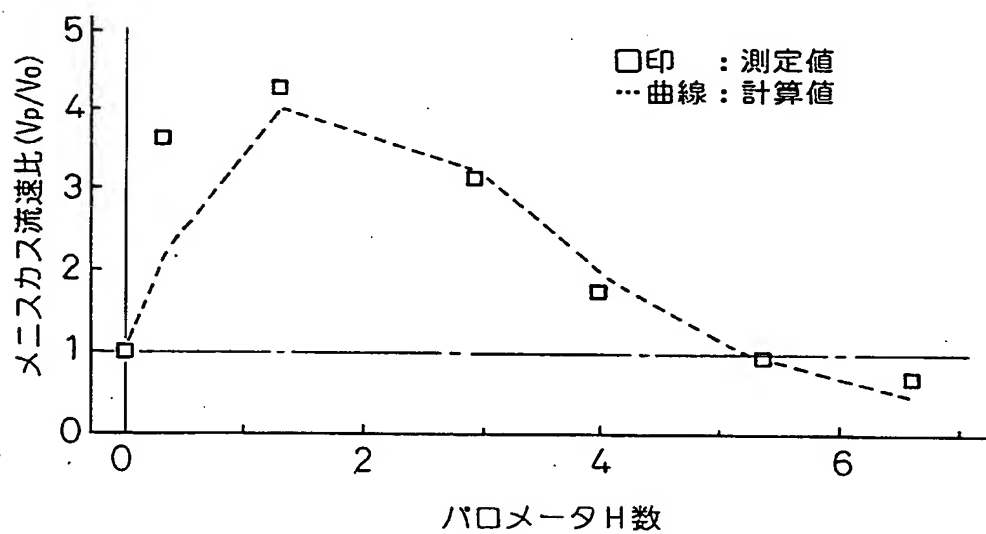


Fig.6(A)

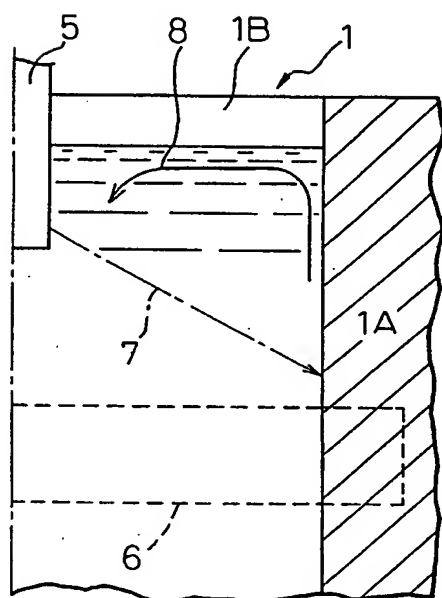


Fig.6(B)

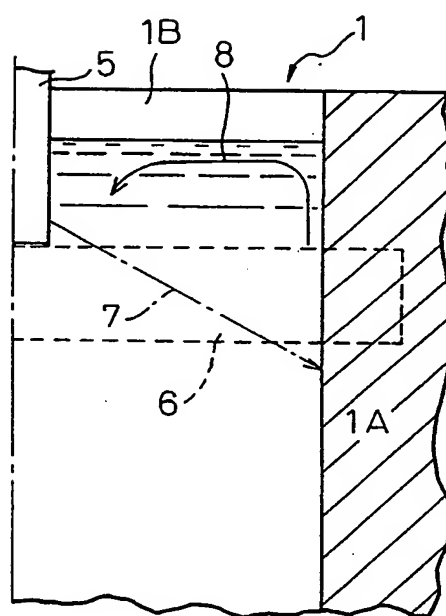


Fig.7(A)

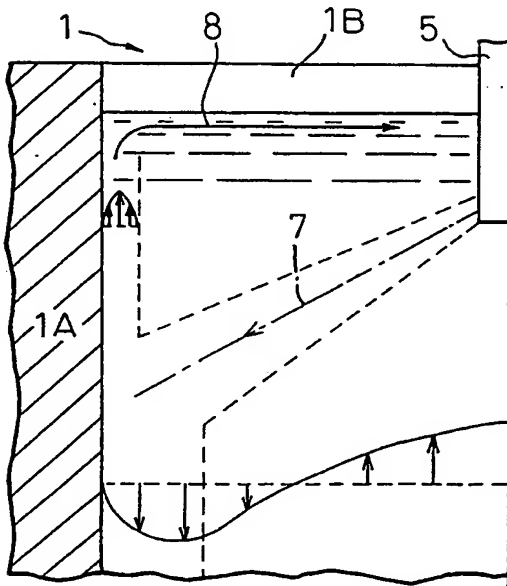


Fig.7(B)

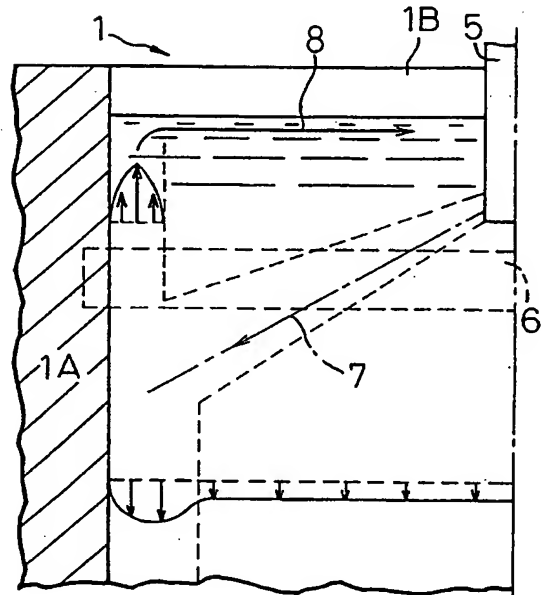


Fig.7(C)

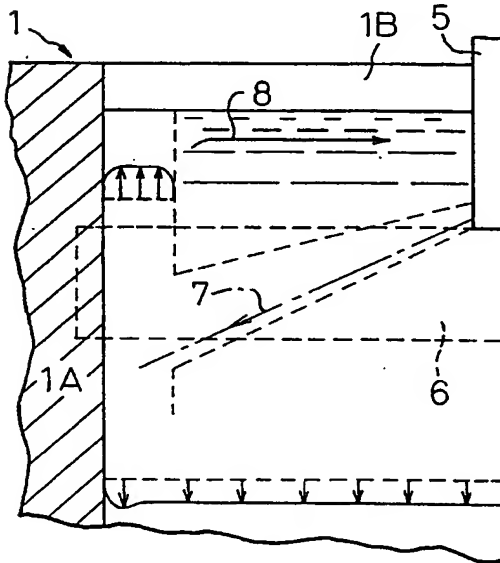


Fig.7(D)

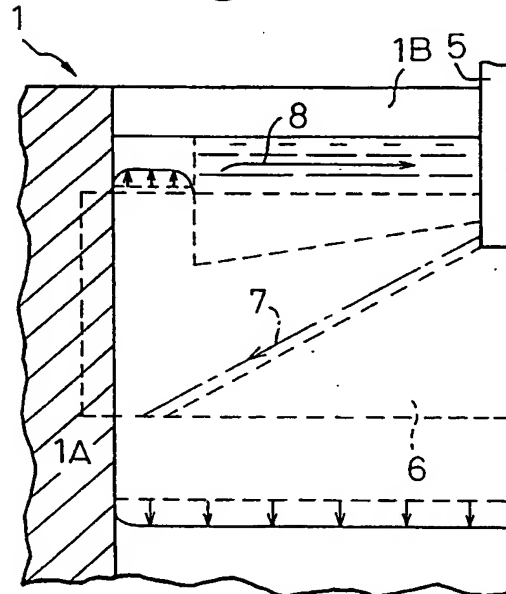


Fig. 8

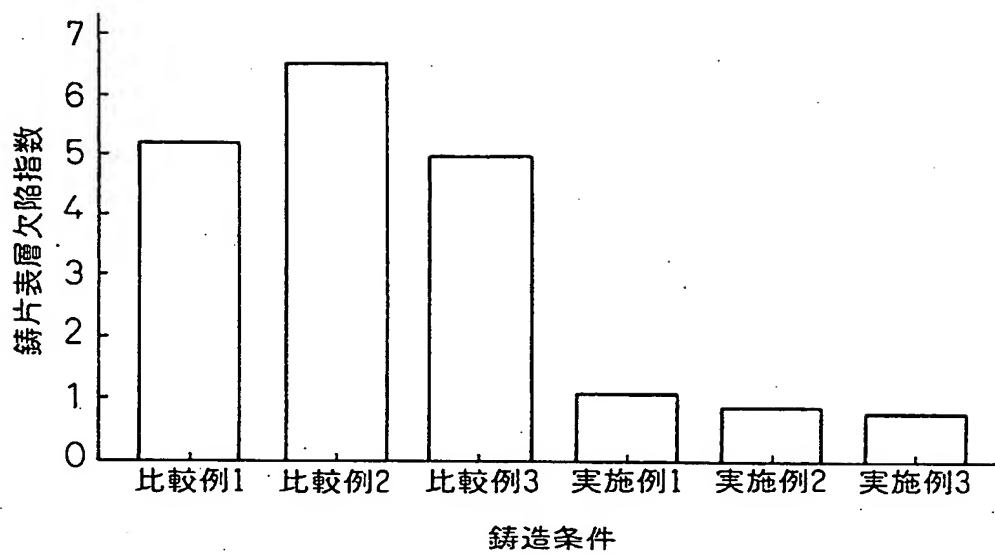


Fig. 9

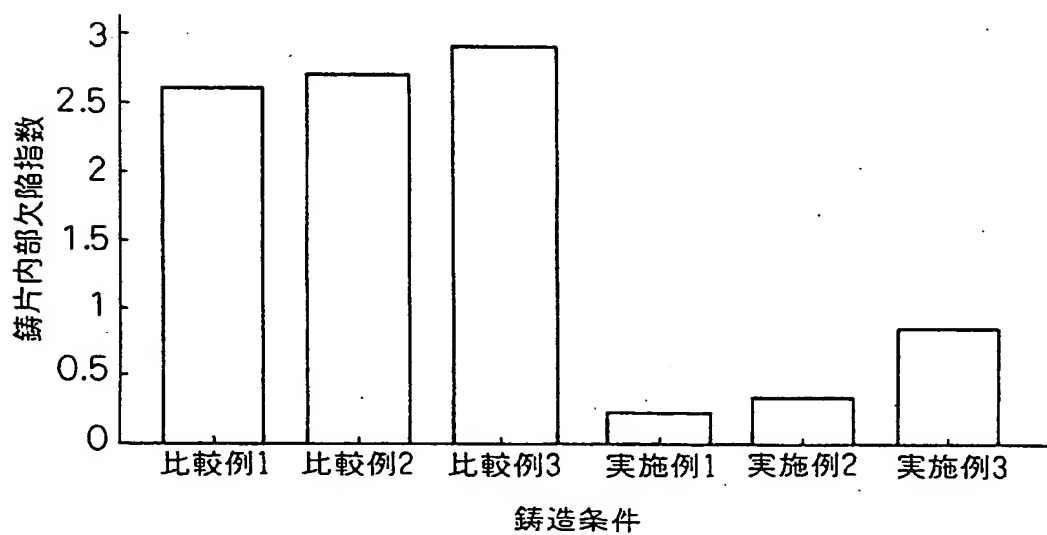


Fig.10

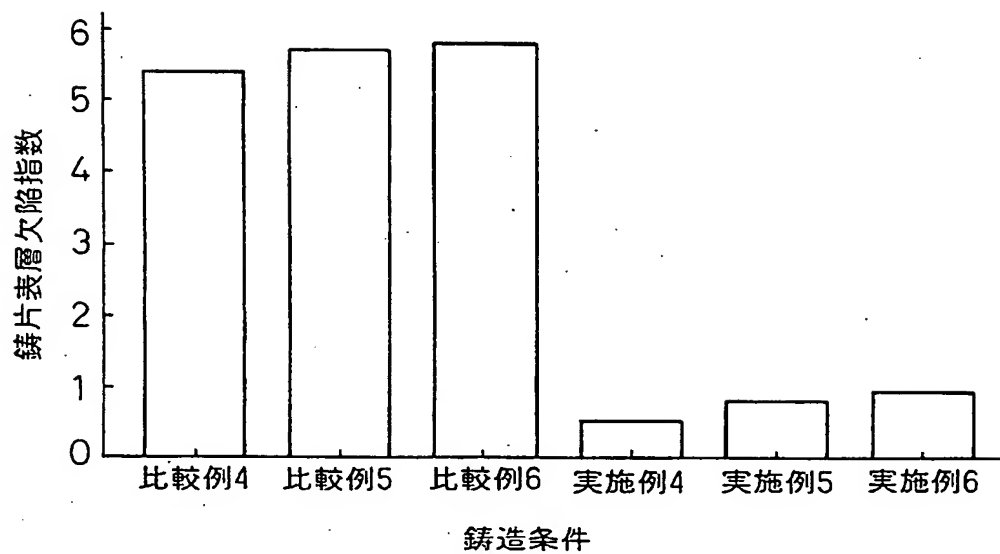


Fig.11

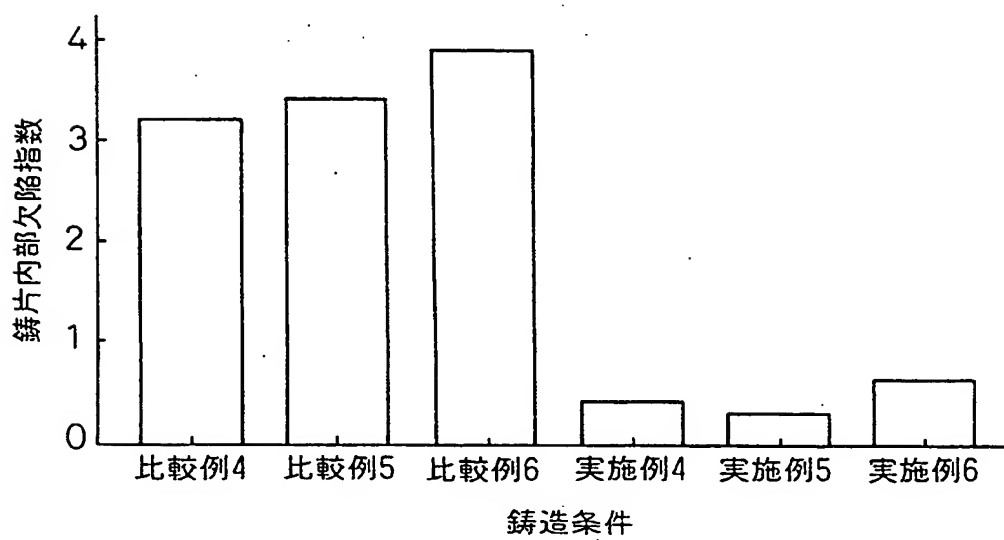


Fig.12

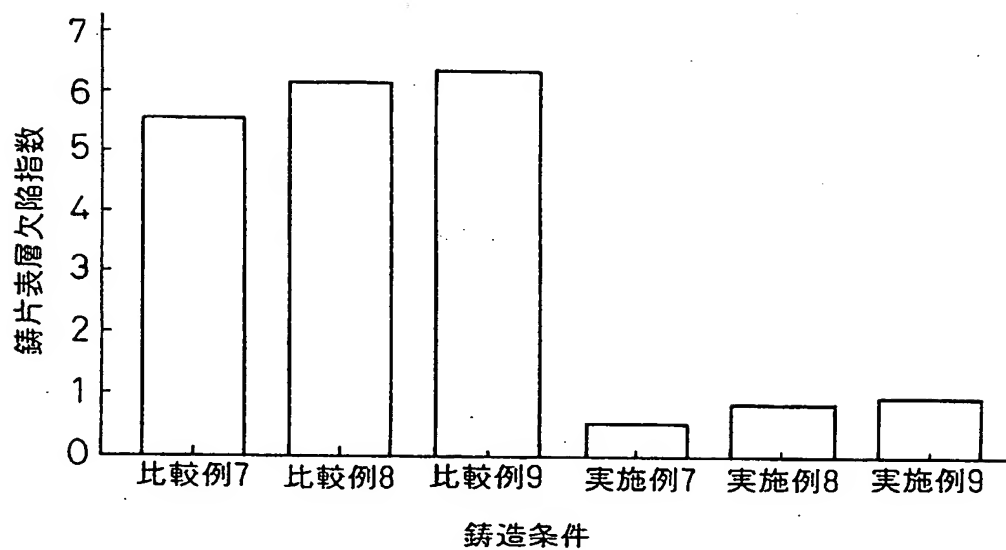
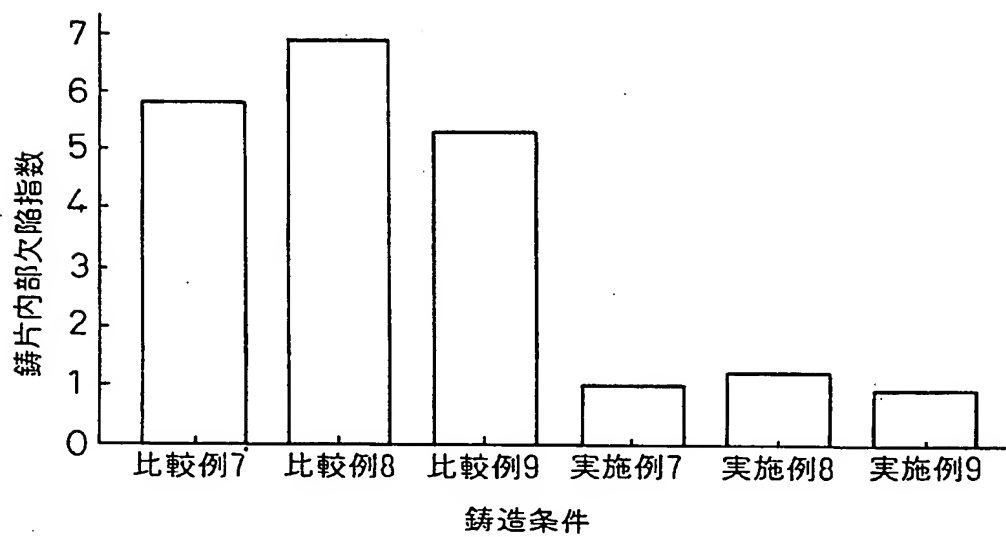


Fig.13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.
 PCT/JP94/00513

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. C1⁵ B22D11/10, 11/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. C1⁵ B22D11/10, 11/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1994

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1994

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, A, 5-329599 (Nippon Steel Corp.), December 14, 1993 (14. 12. 93), (Family: none)	1, 5 2-4
Y A	JP, A, 5-329594 (Nippon Steel Corp.), December 14, 1993 (14. 12. 93), (Family: none)	1, 5 2-4
A	JP, A, 2-284750 (Kawasaki Steel Corp.), November 22, 1990 (22. 11. 90) & AU, A1, 5399090 & EP, A2, 401504 & BR, A, 9001945	1-5
A	JP, B2, 2-20349 (ASEA Aktiebolag), May 9, 1990 (09. 05. 90) & US, A, 4495984 & EP, B1, 40383 & BR, A, 8103058 & ES, A1, 8303148 & CA, A1, 1178779	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

June 7, 1994 (07. 06. 94)

Date of mailing of the international search report

June 28, 1994 (28. 06. 94)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁶ B22D11/10, 11/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁶ B22D11/10, 11/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1994年

日本国公開実用新案公報 1971-1994年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP, A, 5-329599 (新日本製鉄株式会社), 14. 12月. 1993 (14. 12. 93) (ファミリーなし)	1, 5 2-4
Y A	JP, A, 5-329594 (新日本製鉄株式会社), 14. 12月. 1993 (14. 12. 93) (ファミリーなし)	1, 5 2-4
A	JP, A, 2-284750 (川崎製鉄株式会社),	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07. 06. 94

国際調査報告の発送日

28.06.94

名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

沼澤 幸雄

4 E 7 3 6 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	<p>22. 11月. 1990 (22. 11. 90) & AU, A1, 5399090 & EP, A2, 401504 & BR, A, 9001945</p> <p>JP, B2, 2-20349 (アセア アクチーボラグ), 9. 5月. 1990 (09. 05. 90) & US, A, 4495984 & EP, B1, 40383 & BR, A, 8103058 & ES, A1, 8303148 & CA, A1, 1178779</p>	1-5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.